Über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze

von

Hans Molisch,

w. M. k. Akad.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.
Nr. 10 der zweiten Folge.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Jänner 1911.)

I. Einleitung.

Der Tabakrauch ist ein so häufiger Bestandteil der Räume, die wir bewohnen und in denen wir arbeiten, er kommt so häufig in Laboratorien und in Wohnungen vorübergehend oder längere Zeit mit Pflanzen in Berührung, daß es mir der Mühe wert erschien, einmal zu prüfen, welchen Einfluß der Tabakrauch auf höhere und niedere Pflanzen hat. Diese Frage schien einer Beantwortung um so dringender bedürftig, weil sich ja gerade durch die Forschungen von mir,[1] Neljubow,[2] Richter,[3] Singer,[4] Woycicki[5] und anderen gezeigt hat,

---

[1] H. Molisch, Über die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aerotropismus). Diese Sitzungsberichte, Bd. XC, Abt. I (1884), p. 183 bis 188. — Über Heliotropismus im Bakterienlichte. Ebenda, CXI. Bd., Abt. I (1902), p. 141. — Leuchtende Pflanzen. Jena 1904, p. 124. — Über Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium. Ber. der Deutsch. botan. Ges., 1905, p. 7 des Separatabdruckes.

[2] D. Neljubow, Über die horizontale Nutation der Stengel von *Pisum sativum* usw. Bot. Zentralbl. Beihefte, Bd. X, Heft 3, 1901.

[3] O. Richter, Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Ber. der deutsch. botan. Ges., 1903, p. 180. Ferner derselbe: Über den Einfluß ver-

welch hochgradigen Einfluß die Laboratoriumsluft, d. h. die in ihr vorhandenen Verunreinigungen auf die Pflanze hat. Man dachte dabei in erster Linie gewöhnlich an das Leuchtgas und seine Verbrennungsprodukte und zweifellos haben diese sicherlich ihren bedeutenden Anteil. Daß auch der Tabakrauch eine Rolle spielen könnte, hat man meines Wissens nicht vermutet, wie denn überhaupt über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze so gut wie nichts bekannt ist. Die einzige Untersuchung, die ich in der Literatur vorfand, ist eine kleine vorläufige Mitteilung von Tassinari, in der gezeigt wird, daß der Tabakrauch auf Bakterien schädlich wirkt.[1] Ich komme auf diese Abhandlung später noch einmal zurück.

In der Gärtnerei wird der Tabakrauch heute noch vielfach zur Vertilgung der Blattläuse mit Vorliebe verwendet: ein kleiner eiserner Ofen wird mit ordinärem gedrehten Rauchtabak beschickt und der Tabak dann in einem geschlossenen Gewächshause unter möglichst starker Rauchentwicklung verbrannt, so daß der ganze Raum des Gewächshauses ganz dicht mit Tabakqualm erfüllt wird. Ich erinnere mich noch lebhaft, wie ich als Knabe in der Gärtnerei meines Vaters dieser Räucherung aus Neugierde beiwohnte und wie ich bei dieser Gelegenheit die Symptome einer Tabakvergiftung, ohne zu einer verbotenen Zigarre gegriffen zu haben, an mir gründlich kennen lernte. Nach einer solchen Räucherung des Gewächs-

---

unreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXV, Abt. 1 (1906).

[4] M. Singer, Über den Einfluß der Laboratoriumsluft auf das Wachstum der Kartoffelsprosse. Ber. der Deutsch. botan. Ges., 1903, p. 175.

[5] Z. Woycicki, Über den Einfluß der Laboratoriumsluft auf den inneren Bau der Kartoffelsprosse. Sitzungsberichte der Warschauer Gesellschaft der Wissenschaften, 1909, p. 30. Ferner derselbe: Beobachtungen über Wachstums-, Regenerations- und Propagationserscheinungen bei einigen fadenförmigen Chlorophyceen in Laboratoriumskulturen und unter dem Einfluß des Leuchtgases. Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Krakau, mathem.-naturw. Kl., 1909, p. 588.

[1] V. Tassinari, Experimentaluntersuchungen über die Wirkung des Tabakrauches auf die Mikroorganismen im allgemeinen und im besonderen auf die krankheitserzeugenden. Vorl. Mitt. Zentralbl. für Bakteriologie etc., IV. Bd., 1888, p. 449 bis 453.

hauses sterben die Blattläuse, während die Pflanzen selbst anscheinend keinerlei Schaden erleiden. Daher hat man in gärtnerischen Kreisen die Ansicht, daß der Tabakrauch den Pflanzen nicht schade, ja, ich habe sogar die Meinung aussprechen gehört, daß er — wahrscheinlich denkt man dabei an die Vertilgung der Blattläuse — nützlich sei.

II. Versuche mit Keimlingen.

a) Vicia sativa.

Die bei Keimlingen angewandte Methode ergibt sich aus der Schilderung des ersten Versuches und, wenn im folgenden nichts Besonderes hervorgehoben wird, so handelt es sich stets um dieselbe Versuchsanstellung.

I. Keimlinge der Wicke wurden im Finstern bei Zimmertemperatur auf Keimschalen herangezogen. Sobald das Epikotyl eine Länge von etwa $^1/_4$ *cm* erreicht hatte, wurden die Keimlinge auf ein Tüllnetz, das über ein mit Wiener Leitungswasser gefülltes Einsiedeglas gespannt war, so gebracht, daß die Würzelchen großenteils ins Wasser tauchten, die Stengelchen mit den Kotyledonen aber über das Tüllnetz emporragten. Zwei so montierte Gläser wurden auf je eine Keimschale gebracht, mit je einem großen Becherglas von 4·3 *l* Inhalt bedeckt und mit Wasser unten abgesperrt. Das Bedecken mit den Bechergläsern geschah vor einem Fenster in freier Luft, um das Gefäß mit reiner Luft zu füllen.[1] Sodann wurden in den Raum des einen Becherglases drei Züge Tabakrauch einer Zigarette (»Sport«) oder irgendeiner Zigarre aus dem Munde durch ein gebogenes Glasrohr hineingeblasen. Das andere Becherglas erhielt keinen Rauch, war also bloß mit reiner Luft gefüllt und diente als Kontrolle. Beide Bechergläser wurden mit Zinkstürzen, um das Licht vollständig abzuhalten,

[1] Gewöhnlich war es leicht, auf diese Weise reine Luft einzufangen, im Winter aber während der Heizperiode kam es namentlich an stark nebligen Tagen nicht selten vor, daß die aus dem Freien vor dem Fenster des zweiten Stockwerkes der Universität geholte Luft doch schon so viel von den Rauchgasen der Schornsteine enthielt, daß die Wickenkeimlinge in dieser Luft nicht vertikal, sondern horizontal oder schief wuchsen, ähnlich so wie in Laboratoriumsluft.

bedeckt und das Ganze dann im warmen Gewächshause bei einer Temperatur von etwa 16 bis 19° C. aufgestellt.

Beginn des Versuches am 8. Februar 1910.

Schon nach 24 Stunden war der Unterschied höchst auffallend. Die Rauchpflanzen waren sozusagen nicht weiter gewachsen, die Stengel in normaler Luft hingegen hatten sich auf $1^1/_2$ *cm* verlängert. In den folgenden Tagen wurde die hemmende Einwirkung des Tabakrauches auf das Wachstum noch auffallender, weil die Wurzeln und Stengel der Rauchpflanzen sich nur äußerst wenig verlängerten, die der normalen aber fortwährend stark in die Länge wuchsen.

Am 14. Februar, also nach 6 Tagen, wurde der Versuch beendet. Er bot einen wirklich überraschenden Anblick, von dem die Photographie 1 eine gute Vorstellung gibt.

Die Längen der Stengel betrugen bei den normalen Pflanzen 13·9 *cm* (Mittelwert aus 24 Messungen), hingegen bei den Rauchpflanzen durchschnittlich nur 0·75 *cm*. Abgesehen von den enormen Längendifferenzen zeigten sich noch folgende Unterschiede:

In reiner Luft	In Rauchluft
Stengel vertikal aufrecht	Stengel horizontal oder schief
Stengel dünn	Stengel dick
Wurzeln lang (8 bis 12 *cm*), mehr minder gerade	Wurzeln kurz (1 bis 3 *cm*), am Ende winkelig, oft rechtwinkelig gebogen
Knospenblätter von Anthokyan stark gerötet	Knospenblätter bleich gelb, nur Spuren von Anthokyan

II. Ganz derselbe Versuch wie vorher, nur waren die Keimlinge in Blumentöpfe gepflanzt. Um die Erde vor zu großer Nässe zu schützen, wurden die Töpfe nicht direkt auf den Boden der Keimschale gestellt, sondern auf einen kleinen umgekehrten Glasnapf (Vogelglas). Der Erfolg war im wesentlichen derselbe, besonders in den ersten Tagen. Nach 3 Tagen waren die Stengel der Pflanzen in reiner Luft 4 bis 5 *cm* lang, die in der unreinen Luft nur $^1/_2$ *cm*. Später zeigte sich im Vergleiche zu dem Versuche mit den in Wasser gezogenen

Keimlingen ein Unterschied. Am vierten Tage fingen die Rauchpflanzen an, relativ stark in die Länge zu wachsen und gewannen, wie der aufrechte Wuchs, die Schlankheit der Stengel und die Anthokyanbildung[1] dartat, das Aussehen der normalen Pflanzen. Sicherlich werden durch die große, poröse Oberfläche des Blumentopfes und der Erde gewisse Stoffe des Rauches absorbiert und hierdurch wenigstens für die Stengel unschädlich gemacht. Die Luft wird allmählich gereinigt.

Am 14. Februar wurde der Versuch beendet, photographiert (Fig. 2) und die Stengellänge gemessen.

Stengellänge in reiner Luft	Stengellänge in Rauchluft
15 *cm*	4·8 *cm*
14·2	4
13·2	5
13	3·8
11·8	4·8
15·2	4·9
13·5	4·3
12·2	4·2
12·9	5
13·4	2·4
13·4	4·5
14·5	4·2
12·8	5·3
18	4·7
14	6
17·4	4·8
14·6	5·8
14·8	5·5
14	4·5
14·4	2·6
12·2	4·4
14·8	2·8
16·2	3·9
12	6
14·6	5·6
352·1 *cm*	113·8 *cm*
d. i. im Mittel 14·08 *cm*	d. i. im Mittel 4·5 *cm*

[1] Die Wickenkeimlinge bilden in der Regel Anthokyan, es gibt aber einzelne, denen diese Fähigkeit vollständig abgeht. Dasselbe habe ich bei Keimlingen von *Phaseolus multiflorus* beobachtet.

Es kann also nach dem Gesagten keinem Zweifel unterliegen, daß der Tabakrauch auf das Wachstum der Wickenkeimlinge einen ganz auffallenden Einfluß ausübt. Das Längenwachstum des Stengels wird hochgradig gehemmt, sein Dickenwachstum gefördert. Ähnliches gilt auch von der Wurzel. Gleichzeitig wachsen die Stengel und Wurzeln nicht vertikal geotropisch, sondern mehr minder schief horizontal oder sogar abwärts. Ihr geotropisches Richtungsvermögen hat nachgelassen und andere Nutationen kommen zur Herrschaft.

Wenn man die Versuche I und II unter sonst gleichen Verhältnissen im Licht anstellt, so gibt sich auch hier der große Einfluß des Tabakrauches zu erkennen. Der Unterschied zwischen den Rauchpflanzen und Reinluftpflanzen ist auch hier bei den am Tüllnetz gezogenen Pflanzen viel auffallender als bei den Topfpflanzen. Ich erkläre mir dies, wie bereits früher angedeutet wurde, so, daß die große Oberfläche, die die Topferde und der poröse Tontopf darbietet, die Rauchgase und Dämpfe rascher absorbiert und hierdurch die Luft reinigt, während die mit Wasser gefüllten Glasgefäße dieses Geschäft viel langsamer und viel unvollkommener besorgen. Dazu kommt, daß die vom Wasser des Kulturgefäßes absorbierten Stoffe auch von der Wurzel reichlicher aufgenommen werden und die Pflanze dadurch schädigen. Nach siebentägiger Versuchsdauer waren folgende Unterschiede zu bemerken (Fig. 3):

α) Keimlinge in Töpfen.

In reiner Luft	In Rauchluft
Stengel 18 bis 20 *cm* lang.	Stengel 9 bis 11 *cm* lang.
Von Anthokyan braunrot.	Unten dick, braunrot.

β) Keimlinge auf dem Tüllnetz mit den Wurzeln im Wasser.

In reiner Luft	In Rauchluft
Stengel 8·6 *cm* lang.	Stengel 1 bis 2 *cm* lang.
Stengel braunrot.	Stengel weiß, kein Anthokyan.
Stengel aufrecht.	Stengel schief oder horizontal.
Wurzeln 8·4 *cm*.	Wurzeln 1 bis 2 *cm*, häufig rechtwinkelig gebogen, viele Wurzelhaare.

Ich habe mich durch eine besondere Versuchsreihe überzeugt, daß es, um den starken Einfluß des Tabakrauches auf die Wicke zu demonstrieren, nicht notwendig ist, drei Züge Tabakrauch in das Versuchsgefäß einzublasen, sondern daß schon ein einziger genügt, besonders wenn man mit Wasserkulturen arbeitet. Ja, noch mehr. Wenn man das Becherglas mit einer Tabakrauchwolke füllt, mit Wasser absperrt, einen halben bis einen Tag stehen läßt, dann das Glas mit reiner Luft füllt und nun über die Keimlinge der Wicke stülpt, so genügen die Abdunstungen von den auf der inneren Oberfläche des Becherglases abdampfenden flüchtigen Kondensationsprodukten, um den geschilderten Einfluß auf die Keimlinge in etwas geschwächter, aber doch deutlicher Form zu äußern!

Lehrreich ist es auch, die Keimlinge bis zu einer gewissen Höhe zuerst in reiner Luft wachsen zu lassen und dann der Tabakrauchluft auszusetzen. Von diesem Moment an wächst die sich streckende Region unter der Knospe auffallend in die Dicke und der Stengel wächst nicht mehr vertikal aufrecht, sondern horizontal oder schief weiter. Die Photographie 4 stellt einen solchen Versuch dar. Die Keimlinge wuchsen zunächst zwei Tage in reiner Luft vollständig aufrecht, dann waren sie zwei Tage der Rauchatmosphäre ausgesetzt und boten nun das durch die Photographie festgehaltene Bild.

So wie die Keimlinge wieder in reine Luft gestellt werden, erheben sie sich geotropisch aufwärts, werden wieder in ihren Stengelteilen relativ dünn, kurz, sie erhalten wieder ihr normales Aussehen. Wiederholt man mit denselben Keimlingen den Versuch mehrmals hintereinander in reiner Luft und Rauchluft, so erhält man Stengel mit dünnen aufrechten und dicken gekrümmten Zonen. Der hochgradige Einfluß des Tabakrauches gibt sich dann an den Keimlingen in besonders anschaulicher Weise zu erkennen.

Derartige Versuche liefern aber auch den Beweis, daß mit der Einwirkung der Rauchluft innerhalb gewisser Zeiten keine dauernde Hemmung des Längenwachstums verbunden ist,

sondern daß sich mit der Entfernung der hemmenden Ursache auch wieder normales Wachstum einstellt.

b) Pisum sativum.

Die Versuchsanstellung war dieselbe wie bei den Wickenversuchen I und II. Beginn des Versuches am 26. Februar 1910.

α) Keimlinge in Töpfen.

In reiner Luft	In Rauchluft
28./2. Stengel 2 bis 4 *cm* lang.	Stengel $^1/_3$ bis $^1/_2$ *cm* lang.
2./3. Stengel 5 bis 7 *cm* lang.	Stengel $^1/_2$ bis 2 *cm* lang.
4./3. Stengel 6 bis 17 *cm* lang, aufrecht.	Stengel 4 bis $7^1/_2$ *cm* lang, aufrecht, dick.

β) Keimlinge auf dem Tüllnetz mit den Wurzeln im Wasser.

In reiner Luft	In Rauchluft
28./2. Stengel 2 bis 3 *cm* lang.	Stengel $^1/_3$ bis $^1/_2$ *cm* lang.
2./3. Stengel $3^1/_2$ bis 5 *cm* lang.	Stengel $^1/_2$ bis 1 *cm* lang.
4./3. Stengel 6 bis 13 *cm* lang, aufrecht, schlank.	Stengel $1^1/_2$ bis 2 *cm* lang, horizontal oder schief.
Wurzeln 9 bis 10 *cm* lang, reich verzweigt.	Wurzeln 3 bis 5 *cm* lang, dick, verkrümmt.

Das Ergebnis war auch bei den Erbsen im wesentlichen dasselbe wie bei den Wicken. Der Tabakrauch übte besonders bei den Wasserkulturen einen höchst auffallenden Einfluß auf das Wachstum in dem Sinne, daß das Längenwachstum hochgradig gehemmt und das Dickenwachstum gefördert wird. Siehe die Fig. 5.

Derselbe Versuch, im Licht ausgeführt, gab ein analoges Resultat. Beginn am 7. März 1910.

α) Keimlinge in Töpfen.

In reiner Luft	In Rauchluft
15./3. Stengel 4 bis 7 *cm* lang.	Stengel 3 bis 4 *cm* lang.
21./3. Stengel 4 bis 12 *cm* lang.	Stengel 3 bis 11 *cm* lang.

β) **Keimlinge in Wasserkultur (siehe Photographie, Fig. 6).**

	In reiner Luft	In Rauchluft
15./3.	Stengel 5 bis 7 *cm* lang. Wurzel bis 9 *cm* lang.	Stengel 1 bis 2·5 *cm* lang. Wurzel 2 bis 3 *cm* lang.
21./3.	Stengel 7 bis 16 *cm* lang, unten 2 *mm* dick. Wurzeln bis 12 *cm* lang, üppig, reich verzweigt, keine Wurzelhaare.	Stengel 1·5 bis 2·5 *cm* lang, unten 4 *mm* dick. Wurzeln 3 bis 3·5 *cm* lang, schraubig gewunden, reichlich Wurzelhaare.

c) Cucurbita Pepo.

Versuchsanstellung wie vorher, im Finstern. Beginn des Versuches am 16. März 1910.

α) **Keimlinge in Töpfen.**

	In reiner Luft	In Rauchluft
21./3.	Hypokotyle 4·7 *cm*	Hypokotyle 9·6 *cm*
	9·4	9
	7·6	9·6
	8	8·2
	11·2	5·2
	3	10·2
	2·4	9·4
	9·4	8·8
	8	8·2
	9·4	10·5
	0·8	8·8
	11·8	9
	2	8·6
	1·4	9·4
	89·1 *cm* : 13 = 6·8 *cm*	9·4
		7·8
		141·7 : 16 = 8·8 *cm*

β) **Keimlinge in Wasserkultur.**

	In reiner Luft	In Rauchluft
21./3.	Hypokotyle 4 bis 7 *cm* lang.	Hypokotyle 1 bis 2 *cm* lang, die Basis bauchig angeschwollen.
	Wurzeln bis 10 *cm* lang, reich verzweigt.	Wurzeln 2 bis 2·5 *cm* lang, wenig verzweigt.

Vier Tage später wurden die Pflanzen photographiert (Fig. 7).

d) Phaseolus vulgaris.

Versuchsanstellung wie vorher, im Finstern. Beginn des Versuches am 10. März 1910.

α) **Keimlinge in Töpfen.**

	In reiner Luft	In Rauchluft
15./3.	Hypokotyle 4 bis 10 *cm* lang.	Hypokotyle 3 bis 9 *cm* lang.
16./3.	Hypokotyle 5 bis 15 *cm* lang.	Hypokotyle 4 bis 15 *cm* lang.

β) **Keimlinge in Wasserkultur.**

	In reiner Luft	In Rauchluft
15./3.	Hypokotyle 3 bis 9 *cm* lang.	Hypokotyle 1 bis 2 *cm* lang, dick.
16./3.	Hypokotyle 5 bis 12 *cm* lang. Wurzeln bis 10 *cm* lang, üppig verzweigt.	Hypokotyle 2 bis 3 *cm* lang. Wurzeln 3 bis 5 *cm* lang, wenig verzweigt.

Der Unterschied war bei den Topfpflanzen nicht bedeutend wegen der reinigenden Einwirkung der Erde und des Tontopfes. Hingegen war der Einfluß des Tabakrauches bei den Wasserkulturen, wo die reinigende Wirkung großenteils entfällt, geradezu enorm.

Derselbe Versuch in Wasserkultur wurde am 5. November 1910 wiederholt. Nach elf Tagen bot der Versuch den Anblick, wie er durch die Photographie 8 versinnlicht wird.

Aus den mitgeteilten Versuchen mit Keimlingen verschiedener Art geht mit Sicherheit hervor, daß der Tabakrauch einen höchst auffallenden Einfluß auf Keimlinge ausübt. Er gibt sich in erster Linie durch eine hochgradige Hemmung des Längenwachstums der Stengel und der Wurzeln und in einer damit Hand in Hand gehenden Förderung des Stengeldickenwachstums zu erkennen.[1] Die Unterschiede zwischen normalen und Rauchpflanzen sind ganz gewaltig. Der Anblick der Rauchkeimlinge erscheint abnormal und erinnert auf das lebhafteste

---

[1] Mit diesen makroskopischen Veränderungen gehen mikroskopische Hand in Hand, die ich selbst nicht weiter verfolgt, deren Studium ich aber einem meiner Schüler übertragen habe.

an Keimlinge, die z. B. mit Leuchtgas stark verunreinigter Laboratoriumsluft ausgesetzt waren.

Bei den Versuchen mit Wicken war auch die Anthokyanbildung in Tabakrauchluft gehemmt. Außerdem erfährt die Gewebespannung wahrscheinlich infolge von Turgorsteigerung so hochgradige Steigerungen, daß der Stengel manchmal platzt, reißt und durch Infiltration der Interzellularen glasig erscheint. Alle diese Symptome, die ich in Tabakrauchluft festgestellt habe, hat auch Richter[1] bei seinen Pflanzen in der Laboratoriumsluft beobachtet.

Bei gewissen Keimlingen (Wicke, Erbse), die in verunreinigter Luft (Laboratoriumsluft) nicht vertikal, sondern mehr oder minder horizontal oder schief wachsen, zeigt sich dies auch bei Kultur in Tabakrauch. Der negative Geotropismus tritt nicht oder sehr undeutlich zutage, während der Heliotropismus mit außerordentlicher Feinheit in Erscheinung tritt.[2]

Der Tabakrauch besteht bekanntlich aus verschiedenen Substanzen und gewöhnlich stellt man sich vor, daß die Teilchen, die uns den Rauch sichtbar machen, großenteils fester Natur (Kohle- und Ascheteilchen) seien. Ich habe mich jedoch durch mikroskopische Untersuchung des dem Mundstücke einer Zigarre entströmenden Rauches überzeugt, daß die im Mikroskop bei Anwendung einer einfachen Dunkelfeldbeleuchtung sichtbaren schwebenden und in Brown'scher Molekularbewegung befindlichen Teilchen aus Tröpfchen bestehen, die verschiedene gasförmige Stoffe des Rauches gelöst enthalten.[3] Ob diese Tröpfchen ultramikroskopische feste Kerne enthalten, habe ich nicht speziell untersucht, gesehen habe ich aber bei der von mir angewandten Methodik keine. Die kleinen Flüssig-

---

[1] O. Richter, l. c. Ferner siehe O. Richter, Über Anthokyanbildung in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Mediz. Klinik (Berlin), 1907, Nr. 34. — Über Turgorsteigerung in der Atmosphäre der Narkotika. Lotos (Prag), Bd. 56, 1908.

[2] Vgl. H. Molisch, Über Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium. L. c., p. 7 bis 8.

[3] H. Molisch, Über die Brown'sche Molekularbewegung in Gasen, sichtbar gemacht durch ein gewöhnliches Mikroskop. Zeitschr. für wissensch. Mikroskopie etc., Bd. 24 (1907), p. 97 bis 103.

keitströpfchen folgen nach und nach der Schwere und sinken, wenn sie nicht schon früher an den Seitenwänden der Glocke haften blieben, zu Boden. Fängt man sie auf einem Objektträger auf, so kann man sie hier unterm Mikroskop bei gewöhnlicher Beleuchtung als Flüssigkeitströpfchen erkennen; es sind dies jene Tröpfchen, die sich im Wassersack einer Pfeife zu der bekannten braunen, stinkenden Flüssigkeit ansammeln. Wenn daher in unseren Versuchen die über die Keimlinge gestülpten Glasglocken mit Rauch beschickt werden, so sieht man ihn nicht sehr lange. Nach einer Stunde oder früher scheint er bereits verschwunden zu sein, der Glockenraum ist dann nicht mehr von Rauchnebel erfüllt, denn die den sichtbaren Rauch bildenden Tröpfchen sind inzwischen an der Wand der Glocke, den Keimlingen und an den Kulturgefäßen haften geblieben oder sind zu Boden in das Wasser gefallen, das die Glocke von der äußeren Luft abschließt. Von diesen unzähligen Tröpfchen, die sich im Innenraum der Glocke befinden, entweichen beständig minimale Mengen der darin absorbierten flüchtigen Substanzen des Tabakrauches und diese wirken dann auf die Pflanze ein, wenn auch kein Rauch mehr zu sehen ist.

Es ist ganz erstaunlich, welch große Empfindlichkeit die Pflanze, z. B. die Wicke, gegenüber Spuren von Tabakrauch bekundet. Wenn die Reinigung der Glasglocken oder Bechergläser, die schon einmal mit Tabakrauch beschickt waren, nicht mit peinlichster Sorgfalt durchgeführt wurde, so kam es nicht selten vor, daß die Keimlinge auch in der »reinen« Luft das typische Aussehen derer in Rauchluft hatten. In solchen Fällen hafteten eben noch Spuren der Kondensationsprodukte des Tabakrauches an den Glaswänden und wirkten noch deutlich auf die Pflanze ein. Daher muß auf die Reinigung der Glocken und auch des Tüllstoffes bei der Anstellung eines jeden Versuches ein besonderes Augenmerk gerichtet werden. Ich empfehle, die Glocken oder Bechergläser und die Tonschalen, auf denen die Keimlinge standen, dem Wasserstrahl der Wasserleitung 10 Minuten lang auszusetzen und sie während dieser Zeit einige Male mit einem reinen Lappen auszuwischen. Außerdem muß der Tüllstoff, um ihn von Chlorprodukten zu reinigen, gut in Wasser ausgekocht werden. Der Tabakrauch

spielt daher sicher als häufiger Bestandteil der Laboratoriums- und Zimmerluft mit Bezug auf die Pflanze eine sehr wichtige Rolle und er trägt zu den eigenartigen krankhaften Veränderungen, die die Pflanzen in solcher Luft zeigen, wesentlich bei.

Aus diesem Grunde wird es sich empfehlen, pflanzenphysiologische Versuche, wenn möglich, nicht in Räumen auszuführen, die nicht frei von Tabakrauch sind. In Gewächshäusern wird das Räuchern und Tabakrauchen gewöhnlich zu keiner merkbaren Schädigung führen, da ja ein Gewächshaus in der Regel gelüftet, der Rauch relativ rasch entführt wird und die erwachsene Pflanze nicht so sensibel ist wie die Keimpflanze. Außerdem ist zu bedenken, daß die Pflanzen, auch wenn sie geschädigt wurden, später bei Kultur in reiner Luft wieder normales Wachstum zeigen.

Ist aber das Gewächshaus klein und wird es nicht gelüftet, dann wird es wohl besser sein, auch hier das Tabakrauchen zu unterlassen.

Nach den Erfahrungen mit Tabakrauch war es wissenswert, ob auch bei anderen Raucharten, z. B. dem von brennendem Schreibpapier, Holz oder Stroh, analoge Erscheinungen an Keimlingen hervortreten wie bei Tabakrauch. Diese Frage ist, wie ich gleich bemerken will, zu bejahen.

Ich habe solche Versuche mit den genannten Raucharten gemacht und im wesentlichen dieselben Ergebnisse erhalten wie mit dem Rauche von Zigarren und Zigaretten.

Zur Hervorrufung der abnormen Wachstumserscheinungen genügt schon der Rauch eines Stückes Schreibpapier von 10 bis 20 cm^2, eines Hobelspanes von 10 cm^2 oder eines Strohhalmes von 10 *cm* Länge. Da die durch diese Raucharten hervorgerufenen Veränderungen an den Pflanzen dieselben waren wie die im Tabakrauch, so gehe ich nicht näher auf die Beschreibung dieser Versuche ein, ich müßte mich sonst wiederholen.

III. Welche Bestandteile des Tabakrauches wirken auf die Pflanzen?

Die chemische Zusammensetzung des Tabakrauches ist zwar sehr oft Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen,

allein zu völlig übereinstimmenden Ergebnissen selbst in wichtigen Punkten ist man noch nicht gelangt. Es hängt dies offenbar mit der Verschiedenheit der angewandten Methoden und mit der mangelhaften Exaktheit gewisser analytischen Verfahren zusammen. Immerhin kann man auf Grund der bisherigen Untersuchungen aussagen, daß im Tabakrauch neben anderen Körpern, die uns weniger interessieren, mit ziemlicher Zuverlässigkeit an giftigen Bestandteilen nachgewiesen sind:[1] Nikotin, Pyridinbasen, Blausäure, Schwefelwasserstoff und Kohlenoxyd.

Da die Giftigkeit des Tabakrauches hauptsächlich seinem Nikotingehalt zugeschrieben wird, so habe ich zunächst Versuche mit dieser Base angestellt.

Versuch mit Nikotin. Die Versuchsanstellung war dieselbe wie bei Keimlingen mit Tabakrauch, nur wurde an seiner Stelle reines Nikotin (Kahlbaum in Berlin) verwendet. 5 Tropfen davon wurden in eine kurze Eprouvette gegeben und diese wurde entweder auf die Erde des Blumentopfes neben die Keimlinge oder bei den Wasserkulturen neben die Kulturgefäße aufgestellt. Nikotin ist bekanntlich eines der heftigsten Gifte aus dem Pflanzenreich und die Verdampfung einiger Tropfen Nikotins macht schon die Luft eines Zimmers völlig unatembar. Die in einer einzigen kräftigen Zigarre enthaltene Nikotinmenge reicht bereits zur tödlichen Vergiftung eines Menschen hin. 2 bis 4 Tropfen führen bei Hunden, Katzen und Kaninchen binnen 1 bis 5 Minuten den Tod herbei.[2] Da das Nikotin sehr flüchtig ist, so war zu erwarten, daß es unter den Versuchsglocken verdampft, mit den Pflanzen in Berührung kommt und hier seine eventuelle schädliche Wirkung äußert.

Der Versuch wurde am 22. November 1910 mit *Vicia sativa* bei Abschluß von Licht gemacht. Nach 48 Stunden zeigten die Wasserkulturkeimlinge in reiner und in Nikotinluft wider Erwarten keinen merklichen Unterschied. Das Nikotin

---

[1] R. Kissling, Handbuch der Tabakkunde, des Tabakbaues und der Tabakfabrikation. Berlin 1905, 2. Aufl., p. 350.

[2] R. Kissling, l. c., p. 353.

hat also keinen hemmenden Einfluß auf das Wachstum der Wicken ausgeübt. Dasselbe gilt für Topfkulturen.

Versuch mit Pyridin. Beginn des Versuches am 10. Dezember 1910. Um Pyridin einwirken zu lassen, wurde eine 5 *cm* lange kleine Eprouvette mit 3 Tropfen Pyridin offen neben das Kulturgefäß gestellt. Versuchspflanze *Vicia sativa.*

Keimlinge in Wasserkultur.

In reiner Luft	In Pyridinluft
15./12. Stengel 8 bis 12 *cm* lang, aufrecht, gerade, Knospe mit Anthokyan.	Stengel 2 bis 3·5 *cm* lang, schief oder horizontal, Knospe ohne Anthokyan.

Das Pyridin hat entschieden einen bedeutenden Einfluß, es beeinträchtigt das Längenwachstum und den negativen Geotropismus in ähnlicher Weise wie der Tabakrauch, doch wird das Dickenwachstum nicht in dem Maße gefördert wie unter dem Einflusse des Tabakrauches.

Versuch mit Schwefelwasserstoff. Alles wie vorher, nur anstatt des Pyridins Schwefelwasserstoffwasser. Von destilliertem Wasser, das mit reinem Schwefelwasserstoff gesättigt war, wurden zunächst 5 oder 10 cm^3 im offenen Gläschen neben die Kulturen unter den selbstverständlich mit Wasser abgesperrten Glocken aufgestellt. Unter diesen Bedingungen starben die Kulturen ab. Die Wurzeln waren schlaff und tot, der größere Teil der Stengel gleichfalls. Ich machte daher einige Versuche mit weniger Schwefelwasserstoff. Nun wurden nur 1 und 3 cm^3 Schwefelwasserstoffwasser verwendet. Unter diesen Verhältnissen war bei 1 cm^3 ein sehr geringer, bei 3 cm^3 aber schon ein bedeutend hemmender Einfluß zu bemerken. Ähnlich wie *Vicia sativa* verhielt sich auch *Cucurbita Pepo.* Die Stengel der letzteren verhielten sich bezüglich ihrer Länge in normaler Luft und SH_2-Luft wie 6 bis 12 zu 2 bis 3.

Versuche mit Kohlenoxyd. Die Menge von Kohlenmonoxyd im Tabakrauch ist im Vergleiche zu den anderen behandelten Bestandteilen sehr groß. Nach Pontag[1] wurden im

[1] J. J. Pontag, Untersuchung des russischen Rauchtabaks und des Zigarettenrauches. Zeitschr. für Unters. der Nahrungs- und Genußmittel etc., 6. Jahrg., 1903, Berlin, p. 691.

Rauche von 1 *g* Tabak 41 cm^3 Kohlenoxyd aufgefunden. Im Rauch einer Zigarette befinden sich etwa 18 cm^3 Kohlenoxyd.[1] Ich machte Versuche mit Wicken in Wasser- und Topfkulturen.

Wasserkulturen. Wenn 5 oder 10 cm^3 Kohlenoxyd pro 4·3 *l* Luft geboten wurden, was ungefähr 0·12 $^0/_0$, beziehungsweise 0·23 $^0/_0$ Kohlenoxyd entspricht, so traten ganz dieselben Erscheinungen ein, wie wenn man Tabakrauch geboten hätte. Die Keimlinge blieben kurz, dick und die Anthokyanbildung blieb fast vollständig aus.[2]

Topfkultur. Sogar hier, wo doch die absorbierende und reinigende Wirkung durch die Erde und den Blumentopf hinzukam, war die Einwirkung des Kohlenoxyds auffällig und konform der des Tabakrauches.

Ein Urteil darüber abzugeben, welche Stoffe des Tabakrauches von Einfluß auf die Pflanzen sind, ist viel schwieriger, als es auf den ersten Blick erscheint, zunächst deshalb, weil die Chemie des Tabakrauches nur oberflächlich bekannt ist. So wissen wir zwar, daß Nikotin im Tabakrauch vorhanden ist, aber es ist derzeit nicht mit Sicherheit bekannt, ob diese Base frei oder gebunden im Rauche vorkommt, und wenn gebunden, an welche Säuren. Ähnliches gilt von den im Rauche vorkommenden Pyridinbasen, die ihrer genaueren Zusammensetzung nach nicht bekannt sind. Wenn ich also reines Nikotin der Pflanze biete und keinen schädigenden Einfluß erhalte, so wäre es immerhin möglich, daß das gebundene Nikotin eine Schädigung hervorruft. Gleiches wäre von den Pyridinbasen zu sagen. Obwohl also von mir festgestellt wurde, daß reines Nikotin nicht, Pyridin, Schwefelwasserstoff und Kohlenoxyd aber sicher beschädigend auf die Pflanze einwirken und hier ähnliche oder dieselben krankhaften Er-

---

[1] J. J. Pontag, l. c.

[2] Das Kohlenoxyd wurde durch Eintröpfeln von Ameisensäure in heiße Schwefelsäure gewonnen, durch zwei mit verdünnter Kalilauge gefüllte Waschflaschen geführt, aufgefangen und dann unter die Kulturgefäße geleitet. Für die Darstellung dieses Gases bin ich Herrn Privatdozenten Dr. Grafe zu großem Danke verpflichtet.

scheinungen hervorrufen wie der Tabakrauch, so wage ich doch nicht, etwas Bestimmtes auszusagen, durch welchen Stoff oder durch welche Stoffe der Tabakrauch auf die Pflanze wirkt.

Wenn wir bedenken, daß Rauch von gewöhnlichem Schreibpapier oder Stroh die Pflanze in ähnlicher Weise beeinflußt wie Tabakrauch, so wird es überhaupt fraglich, ob gerade die für den Tabakrauch charakteristischen Bestandteile das abnorme Wachstum der Pflanze hervorrufen. Da nun Kohlenoxyd im Tabakrauch im Vergleiche zu Nikotin, Pyridin, Schwefelwasserstoff und Blausäure in viel größerer Menge vorkommt, die Pflanze in derselben Weise hochgradig schädigt wie der Tabakrauch selbst und da gerade Kohlenoxyd auch in anderen Raucharten von analoger Wirkung enthalten ist, so liegt die Annahme nahe, daß dem Kohlenoxyd ein bedeutender Anteil an der schädlichen Wirkung des Tabakrauches auf die Pflanze zukommt.

IV. Einfluß des Tabakrauches auf Mikroorganismen.

Es wurde bereits erwähnt, daß, abgesehen von der kleinen vorläufigen Mitteilung Tassinari's,[1] über dieses Thema nichts bekannt ist. Seine Methodik bestand im wesentlichen darin, daß er unter verschiedenen Bakterienkulturen, die sich auf einem kleinen leinenen Streifen befanden, Tabakrauch aus einer Zigarre durch 30 bis 35 Minuten kontinuierlich streichen ließ. Der aus zwei mit ihrer Breitseite aneinanderstoßenden Glastrichtern bestehende Rauchraum, in dem sich die Bakterien befanden, war stets mit Rauch vollgefüllt. Nach der Exposition wurden passende Nährmedien mit den Bakterien infiziert, in Platten ausgegossen und weiter in ihrem Verhalten beobachtet. Er arbeitete mit sieben zumeist pathogenen Bakterien und gelangte zu dem Resultate, daß der Tabakrauch die Eigenschaft besitzt, die Entwicklung einiger Arten von pathogenen Bakterien zu verzögern und die einiger anderen ganz zu verhindern.

[1] V. Tassinari, l. c.

. Meine Versuchsanstellung war eine wesentlich andere, da es mir, wenn möglich, darum zu tun war, den Einfluß des Tabakrauches direkt zu beobachten. Bei den meisten Mikroorganismen (Bakterien, Flagellaten etc.) verfuhr ich in folgender Weise: Ein auf einem Objektträger angekitteter, 1 *cm* hoher und 1·5 *cm* breiter Glasring diente als Rauchkammer. Nachdem ein Deckglas in der Mitte mit dem Bakterientröpfchen versehen worden war, wurde in die Kammer rasch Zigarettenrauch eingeblasen und das Deckgläschen auf die Kammer so gelegt, daß sich das hängende Bakterientröpfchen nun in dem Rauche der Kammer befand. Vor dem Auflegen des Deckglases wurde der obere Rand des Glasringes mit Vaselin bestrichen, damit das Deckglas gut anhaftet und den Rauch abschließt. Gleichzeitig wurde ganz derselbe Versuch mit einem Kontrolltröpfchen, aber ohne Tabakrauch aufgestellt. Dann wurden die beiden Bakterientröpfchen, das in Rauchluft und das in gewöhnlicher Luft, vergleichend beobachtet.

Versuche mit Chromatium vinosum (Ehrenbg.) Winogradsky.

Diese Purpurbakterie entwickelte sich in einer Krystallisierschale mit Wasser, die mit einem Stückchen Hühnerei versehen war, im Laboratorium so üppig, daß die Wände und namentlich der Boden des Gefäßes ganz rot gefärbt waren. In einem Tröpfchen wimmelte es förmlich von den in lebhafter Bewegung befindlichen *Chromatium*-Zellen. Läßt man nun auf diese Lebewesen in der angegebenen Weise Tabakrauch einwirken, so stellen sie nach und nach ihre Bewegungen ein, während diese in dem Kontrolltröpfchen noch längere Zeit andauern. Die Bewegung nimmt schließlich auch hier ab, aber dies ist auf den reichlich zufließenden Sauerstoff zurückzuführen, den die mikroaërophilen Chromatien auf die Dauer nicht vertragen.

Von den vielen Versuchen, die ich durchgeführt habe, sei folgender angeführt:

Chromatium vinosum.

Versuchsdauer in Stunden	Reine Luft	Rauchluft
1	lebhaft beweglich	lebhaft beweglich
2	lebhaft beweglich	weniger beweglich
3	lebhaft beweglich	sehr wenig beweglich
8	noch viele Zellen beweglich	unbeweglich
24	noch viele Zellen beweglich	unbeweglich

Versuche mit Beggiatoa.

Eine im faulen Meeresalgeninfus reichlich vorhandene und lebhaft bewegliche *Beggiatoa* sp. diente zum Versuche.

Versuchsdauer in Stunden	Reine Luft	Rauchluft
1/3	lebhaft beweglich	Fäden unbeweglich
1	lebhaft beweglich	Fäden unbeweglich
2	weniger beweglich	Fäden unbeweglich
2 1/2	unbeweglich	Fäden unbeweglich

Derselbe Versuch, mit *Beggiatoa alba* ausgeführt, zeigte, daß die Fäden in Rauchluft im Gegensatz zu den in reiner Luft nach 40 Minuten ihre Beweglichkeit einbüßten. Die Fäden beginnen, sobald sie ihre Bewegung einstellen, in der bekannten, für *Beggiatoa* charakteristischen Weise in einzelne Zellen oder kleine Fadenbruchstücke zu zerbröckeln, ein charakteristisches Kennzeichen ihres eintretenden Todes.

Versuche mit Spirillum sp.

Das *Spirillum* hatte sich im faulen marinen Algeninfus entwickelt. Im Versuchströpfchen wimmelte es von dieser äußerst beweglichen Bakterie.

Versuchsdauer in Stunden	Reine Luft	Rauchluft
1	sehr beweglich	sehr beweglich
2	sehr beweglich	sehr beweglich
3	sehr beweglich	sehr beweglich
9	sehr beweglich	fast alle ruhig

Versuche mit der Leuchtbakterie Pseudomonas lucifera Molisch.

Nichts vermag den ungemein raschen Einfluß des Tabakrauches auf die lebende Substanz in so anschaulicher und bequemer Weise zu demonstrieren wie der im folgenden geschilderte Versuch. Ich nehme ein quadratisches Stück Filtrierpapier, dessen Seite etwa 7 *cm* lang ist, und gebe auf die Mitte 3 Tropfen einer stark leuchtenden Bouillon. Die Flüssigkeit breitet sich sofort in Form eines Kreises aus, der in der Dunkelkammer für ein dunkeladaptiertes Auge wie eine kleine Sonne leuchtet. Legt man nun das Papier in eine Petrischale, ohne daß es den Boden berührt, und bläst man, während man die obere Schale ein wenig schief abhebt, einen Zug Tabakrauch hinein, verschließt rasch und beobachtet im Finstern, so wird man bemerken, daß das Licht gewöhnlich binnen einer halben bis einer Minute völlig erlischt. Ein Kontrollpapier in reiner Luft leuchtet noch nach einer Stunde in ungeschwächter Kraft. Nimmt man das erloschene Papier aus der Rauchschale heraus und wirft es auf in einer Schale befindliches reines Meerwasser, so tritt das Licht nach etwa ein bis zwei Minuten wieder hervor.

Dieser Versuch zeigt auf das deutlichste, nach welch kurzer Zeit schon in dem Bakterienleib unter dem Einfluß des Tabakrauches Störungen eintreten, die sich durch Verschwinden des Lichtes deutlich kundgeben. Stellt man in der angegebenen Weise wieder normale Verhältnisse her, so kehrt die Lichtproduktion wieder zurück. Es sieht so aus, als ob die Bakterien durch den Tabakrauch narkotisiert worden wären.

Versuche mit Amoeba sp., Vorticella sp. und Paramaecium sp.

In einem mit *Sphaerotilus natans* verunreinigten Grabenwasser fanden sich viele mittelgroße farblose Amöben vor, die sich lebhaft bewegten. Wurden diese dem Tabakrauch ausgesetzt, so begannen sie sich schon nach 5 bis 10 Minuten abzurunden oder eine stark lichtbrechende körnchenfreie Protuberanz zu treiben, um kurze Zeit darauf zu zerfallen. Nach einer halben Stunde sind alle Amöben tot.

Eine stiellose *Vorticella* hört alsbald (15 Minuten) zu schwimmen auf, nach einer halben Stunde bewegen sich nur mehr die Wimpern und nach 2 bis 3 Stunden tritt der Tod ein.

Bei *Paramaecium* trat nach 6 Stunden in Rauchluft auffallende Verlangsamung, nach 8 Stunden Stillstand der Bewegung und gleichzeitig Absterben unter Ausscheidung hyaliner Tropfen ein. In reiner Luft waren die Paramäcien nach 72 Stunden noch in lebhafter Bewegung.

Resistenter erwies sich eine *Pinnularia*-Art. Diese große Diatomee begann erst nach 2 bis 4 Tagen abzusterben, vielleicht weil das Plasma durch den Kieselpanzer geschützt erscheint.

Versuch mit den Schwärmern (Myxamöben) von Didymium nigripes Fr.

Versuchsdauer in Stunden	Reine Luft	Rauchluft
1	Bewegung sehr lebhaft	Bewegung etwas langsamer
2	Bewegung sehr lebhaft	unbeweglich
14	gut beweglich	unbeweglich

Versuch mit Gymnodinium fucorum Küster.[1]

Diese farblose Peridinee trat in fauligem marinem Fucusinfus in ungeheuren Mengen auf. In einem winzigen Tröpfchen wimmelte es förmlich davon.

[1] Küster hat diese interessante farblose Peridinee in Fucusextrakten auf Helgoland beobachtet und sie auf Agar-Fucusextrakt gezüchtet. — E. Küster, Eine kultivierbare Peridinee. Archiv für Protistenkunde, XI. Bd., 1908, p. 351. — Mein Material stammte aus dem Golfe von Triest.

Versuchsdauer in Stunden	Reine Luft	Rauchluft
$^{1}/_{3}$	lebhaft beweglich	fast alle unbeweglich
1	lebhaft beweglich	alle unbeweglich
24	noch viele beweglich	alle unbeweglich

Versuch mit Phycomyces nitens.

Brotwürfel, die auf eine Minute behufs oberflächlicher Sterilisation in siedendes Wasser getaucht wurden, legte ich in Glasschalen, diese auf glasierte Tonschalen, bedeckte die Kulturen mit Bechergläsern (4·3 *l*) und sperrte mit Wasser ab. Sobald die Sporangienträger eine Länge von $^{1}/_{2}$ bis 1 *cm* erreicht hatten, wurde Tabakrauch eingeblasen. Die Kulturen standen während der ganzen Versuchsdauer im Lichte, da die Sporangienträger sich im Finstern nicht so gut entwickeln. Im übrigen war das Versuchsverfahren wie bei den Keimlingsversuchen höherer Pflanzen.

Versuch I stand in reiner Luft.

Versuch II stand in reiner Luft mit einem Zug Tabakrauch.

Versuch III stand in reiner Luft mit drei Zügen Tabakrauch.

Die Einwirkung des Tabakrauches begann am 18. November 1910. Am 21. November, also nach 3 Tagen, waren die Sporangienträger in Versuch I im Maximum 12 *cm* hoch, im Versuch II im Maximum 9 *cm*, im Versuch III im Maximum 7 *cm*.

Später gleicht sich der Unterschied aus. Der wachstumshemmende Einfluß des Tabakrauches ist also am Anfang bei *Phycomyces* deutlich, aber er ist doch viel schwächer als bei den Keimlingen der Phanerogamen.

Überblicken wir die Versuche mit verschiedenen Mikroorganismen, so läßt sich darüber folgendes aussagen:

Alle wurden durch Tabakrauch bei meinen Experimenten geschädigt. Die beweglichen Bakterien lassen die Schädigung leicht dadurch erkennen, daß sie ihre Bewegung einstellen oder absterben. Obwohl meine Versuche nach einer ganz anderen Methodik ausgeführt wurden als die Tassinari's und obwohl bei meiner Versuchsanstellung der Tabakrauch nicht im kontinuierlichen Strome, sondern nur einmal am Beginne des Versuches geboten wurde, der sich dann in der Rauchkammer selbst überlassen wurde, so war doch die Schädigung immer zu bemerken, ja es zeigte sich, daß die Bakterien noch empfindlicher sind, als es aus den Experimenten Tassinari's hervorzugehen schien. *Beggiatoa* stirbt schon nach 2 bis 3 Stunden ab. Leuchtbakterien hören bereits innerhalb einer Minute auf, Licht zu entwickeln, können aber wieder Licht produzieren, wenn man sie nach dem Erlöschen ihres Lichtes wieder in frisches Wasser bringt.

Amöben weisen schon nach 5 bis 10 Minuten Störungen auf, die nach kaum einer halben Stunde zum Tode führen.

Vorticella hört alsbald auf zu schwimmen und stirbt nach 2 bis 4 Stunden. Andere Infusorien verhalten sich nach meinen Beobachtungen im wesentlichen auch so, doch ist ihre Resistenz oft recht verschieden. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man mehrere Arten oder Gattungen gleichzeitig in demselben Versuchströpfchen untersucht.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß der Tabakrauch die Mikroorganismen nicht bloß wie die Phanerogamenkeimlinge schädigen, sondern auch töten kann, und insofern kann das Rauchen dem Raucher sogar nützlich sein, weil es die Mundhöhle desinfiziert. Dies ist aber meiner Meinung nach nur ein schwacher Trost, denn wenn die lebende Substanz der Pflanze und der Protozoen durch Tabakrauch so hochgradig geschädigt wird, so gibt dies immerhin zu denken und mahnt den Raucher zur Vorsicht und Zurückhaltung.

Die bis zur Tötung vorschreitende Schädigung der Mikroorganismen dürfte unter anderem auch darin ihren Grund haben, daß die giftigen Stoffe die mikroskopisch kleinen Zellen rascher und leichter durchdringen als etwa einen Stengel.

Ich komme nun am Schlusse zum Ausgangspunkt meiner Betrachtungen zurück. Es wurde schon am Beginn meiner Abhandlung auf den großen Einfluß der durch geringe Mengen von gewissen Stoffen verunreinigten Laboratoriumsluft auf Keimlinge hingewiesen, auf deren Wachstum, Tropismen und Nutationen. Man hat bisher das Leuchtgas und seine Verbrennungsprodukte dafür verantwortlich gemacht. Gewiß kommen diese in erster Linie in Betracht. Aus meinen Untersuchungen geht aber zweifellos hervor, daß überall dort, wo in Experimentierräumen und Laboratorien geraucht wird, dem Tabakrauch gleichfalls ein großer Einfluß auf die abnormen Erscheinungen, die die Pflanzen in solchen Kulturräumen aufweisen, zuzuschreiben ist. Das gilt nicht bloß von Algen, Keimlingen, sondern auch von höheren erwachsenen und für Tabakrauch empfindlichen Pflanzen. Der eigentümliche krankhafte Habitus, den in Wohnzimmern und Schaufenstern gezogene Zierpflanzen nach einiger Zeit annehmen, ist, abgesehen von Lichtmangel, Staub und Trockenheit der Luft, hauptsächlich auf die gasförmigen Verunreinigungen der Atmosphäre, wie sie durch Leuchtgas, Heizgas und Tabakrauch gegeben sind, zurückzuführen. Derjenige, der sich nicht durch einschlägige Experimente von der Richtigkeit des Gesagten überzeugt hat, wird dies vielleicht für eine Übertreibung halten. Und doch verhält sich die Sache so, da die Pflanze gegen solche Stoffe eine ganz überraschende und ungeahnte Sensibilität bekundet

Jeder Physiologe muß namentlich beim Studium der Richtungsbewegungen die Unreinheit der Luft auf das sorgfältigste beachten, falls die erwähnten Nebenbestandteile der Luft die Bewegungen der Organe beeinflussen, selbst zu Nutationen Veranlassungen geben und dadurch Tropismen vortäuschen. Auf Grund dieser Tatsachen wurde — man vergleiche die am Beginne (p. 3 bis 4) zitierten Arbeiten — schon manches geklärt und bei weiterer Beachtung dieser Verhältnisse wird bei der Revision älterer Versuche manches anders zu interpretieren sein, als dies früher geschah.

Der in dieser Abhandlung gebrachte Nachweis von der Schädlichkeit des Tabakrauchs bezieht sich vorläufig auf die

Keimpflanze. Aber schon innerhalb der verschiedenen Gattungen und Arten von Keimlingen kann sich ein verschiedener Grad von Empfindlichkeit zeigen, denn manche Graskeimlinge (Hafer) sind schon viel weniger empfindlich als Wicke, Linse, Kürbis usw.

Meine Ergebnisse mit Keimlingen dürfen aber selbstverständlich nicht ohne weiteres auf Pflanzen in anderen Entwicklungsstadien übertragen werden; ob sich diese auch so verhalten wie Keimlinge, bedarf erst besonderer Untersuchungen, die mir noch nicht in genügender Zahl zur Verfügung stehen. Ich kann aber jetzt schon sagen, daß *Tolmiea-* und *Tradescantia viridis*-Stöcke in mit Tabakrauch verunreinigter Luft gut wachsen und innerhalb einer Versuchszeit von vier Wochen keine abnormen Erscheinungen aufwiesen.

V. Zusammenfassung der Resultate.

1. Der Tabakrauch übt auf viele Keimpflanzen einen höchst auffallenden schädigenden Einfluß aus. Keimlinge der Wicke, Erbse, Bohne, des Kürbis und anderer Gewächse nehmen im Tabakrauch ein abnormes Aussehen an. Wickenkeimlinge *(Vicia sativa)* z. B. geben bei Lichtabschluß ihre normale Wachstumsrichtung auf, ihre Stengel wachsen horizontal oder schief, bleiben kurz, werden aber dick. Sie verhalten sich also ähnlich, wie wenn sie in einem Laboratorium wachsen würden, dessen Luft durch Spuren von Leucht-, Heizgasen oder anderen Stoffen verunreinigt ist. Die von O. Richter in Laboratoriumsluft konstatierte gehemmte Anthokyanbildung und die erhöhte, mitunter zum Platzen oder Reißen der Stengel führende Gewebespannung zeigt sich auch in der Rauchluft.

2. Die Empfindlichkeit der Keimpflanze gegen Tabakrauch ist erstaunlich groß. Es ist, um die geschilderten Wachstumserscheinungen hervorzurufen, nicht etwa notwendig, die Versuchsgefäße beständig oder mehrmals mit Rauch zu füllen, sondern es genügt, den durch eine Glasglocke abgegrenzten Raum (4·3 *l*) am Beginn des Versuches einmal mit ein bis drei Rauchzügen einer Zigarette zu versehen; ja, wenn man eine

derartige mehrere Tage in Verwendung gestandene Glocke, die also nur an der inneren Oberfläche mit Spuren von Kondensationsprodukten des Rauches versehen ist und nicht oder kaum mehr nach Tabakrauch riecht, neuerdings zu einem Versuch verwendet, ohne aber Rauch einzublasen, so ist doch der schädigende Einfluß einer solchen Glocke noch unverkennbar. Dies ist jedenfalls ein interessantes Beispiel der hochgradigen Sensibilität der Pflanze gegenüber gewissen Stoffen.

All die geschilderten Erscheinungen treten viel prägnanter bei Wasserkulturen als bei Erdkulturen in Blumentöpfen auf, weil die Erde und der poröse Tonblumentopf durch Absorption der schädlichen Rauchbestandteile einen stark reinigenden Einfluß auf die Luft ausüben.

3. Es läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, welcher von den Bestandteilen des Tabakrauches die Wirkung hervorruft, da wir, abgesehen von dem frei vorkommenden Schwefelwasserstoff und dem Kohlenoxyd, die eventuelle Bindung, in der die charakteristischen Komponenten des Tabakrauches, das Nikotin und Pyridin, auftreten, nicht kennen. Auffallend ist, daß freies Nikotin, dem man zunächst die giftige Wirkung auf die Pflanze zuzuschreiben geneigt wäre, nicht merklich schädigend wirkt. Und da andere Raucharten, wie die von verbrennendem Schreibpapier, Holz oder Stroh, ganz ähnlich wie Tabakrauch die Pflanze beeinflussen, so dürften wohl die in solchen Raucharten allgemeiner verbreiteten schädlichen Bestandteile, so das reichlich vorkommende Kohlenoxyd, die Hauptrolle spielen.

4. Der Einfluß des Tabakrauches auf Mikroorganismen erscheint noch auffallender als der auf höhere Pflanzen, denn Bakterien, Amöben, Flagellaten und Infusorien werden nicht bloß geschädigt, sondern häufig schon nach relativ kurzer Versuchszeit getötet. Gewisse Amöben sterben schon nach einer halben Stunde, manche Bakterien nach einer Stunde. Die überaus rasche Einwirkung des Tabakrauches läßt sich in sehr augenfälliger Weise mit Leuchtbakterien demonstrieren. Ein auf Filtrierpapier ausgebreiteter Tropfen von Leuchtbouillon (*Pseudomonas lucifera* Molisch) erlischt, in Tabakrauch gebracht, binnen einer halben bis einer Minute, um gleich darauf, in reines

Meerwasser überführt, nach zwei Minuten wieder aufzuleuchten.

5. Man hat bisher die auf die Pflanze ausgeübte Wirkung der sogenannten Laboratoriumsluft den in ihr vorhandenen Spuren von Leuchtgas und dessen Verbrennungsprodukten zugeschrieben. In analoger Weise wie diese Stoffe wirkt nun zweifellos auch der Tabakrauch und man wird daher diesem bei der Durchführung gewisser Versuche, namentlich solcher über Richtungsbewegungen, mehr Beachtung zu schenken haben und ihn in den Versuchsräumen am besten ganz ausschalten.

6. Die hier mitgeteilten Ergebnisse über die Schädlichkeit des Tabakrauches beziehen sich vorläufig auf die Keimpflanze. Ob die Pflanze in anderen Entwicklungsstadien sich ebenso verhält, werden weitere Untersuchungen lehren.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Wickenkeimlinge *(Vicia sativa)* bei Abschluß von Licht, rechts in reiner Luft, links in Luft, der am Beginn des Versuches einmal Tabakrauch (3 Zigarettenzüge pro 4·3 *l* Luft) beigemischt wurde, kultiviert. Versuchsdauer 6 Tage. Der Einfluß des Tabakrauches auf Stengel- und Wurzelwachstum ist enorm.

Fig. 2. Derselbe Versuch wie bei Fig. 1, aber in Blumentöpfen mit Erde. Links die Wickenkeimlinge in reiner Luft, rechts in Luft mit Tabakrauch. Versuchsdauer 6 Tage. Der Unterschied ist noch immer sehr groß, aber er ist geringer wie bei Fig. 1, weil die Topferde und der poröse Blumentopf durch Absorption vorwiegend auf die Luft wirkt.

Fig. 3. Derselbe Versuch wie bei 1, aber im Lichte. Links die Wickenkeimlinge in reiner Luft, rechts die in Luft mit Tabakrauch.

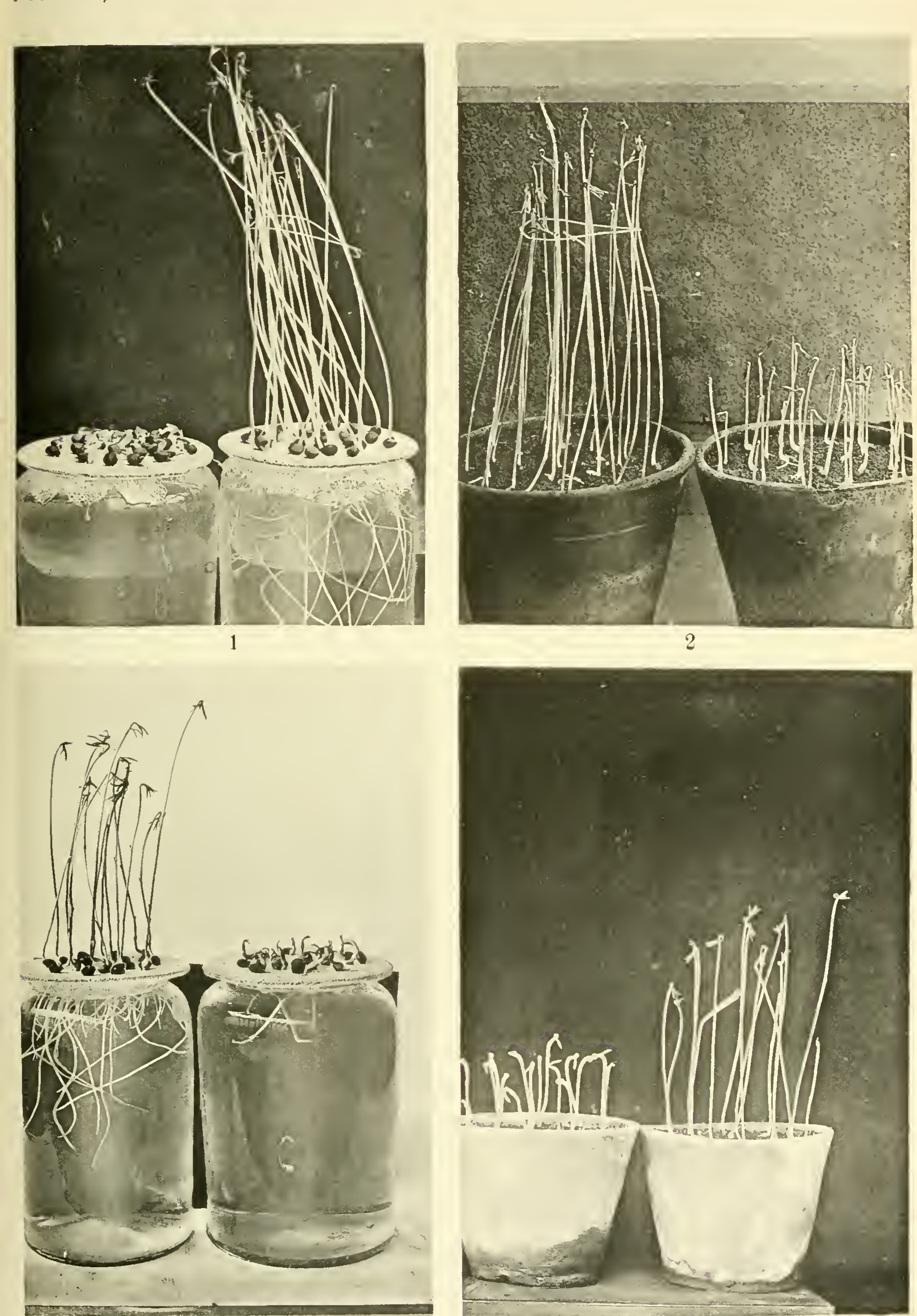
Fig. 4. Wickenkeimlinge wuchsen im Finstern zunächst 2 Tage in reiner Luft, dann wurden die Keimlinge links in mit Tabakrauch vermischter Luft weiter gezogen. Nach zweitägigem Aufenthalt in der Rauchluft boten sie im Vergleich zu den Kontrollpflanzen dieses Bild. Sie verdicken sich in der wachsenden Region und wachsen nicht mehr aufrecht.

Fig. 5. Erbsenkeimlinge *(Pisum sativum)*. Versuchsbedingungen wie bei Fig. 1. Man beachte den enormen Größenunterschied zwischen den Keimlingen in reiner Luft (rechts) und den in Rauchluft (links).

Fig. 6. Erbsenkeimlinge *(Pisum sativum)*. Versuchsbedingungen wie vorher, aber die Kulturen standen im Lichte.

Fig. 7. Kürbiskeimlinge *(Cucurbita Pepo)*. Versuchsbedingungen wie bei Fig. 1. Versuchsdauer 9 Tage. Rechts in reiner Luft, links in Rauchluft. Man beachte die abnorme Verdickung der Stengel in Rauchluft!

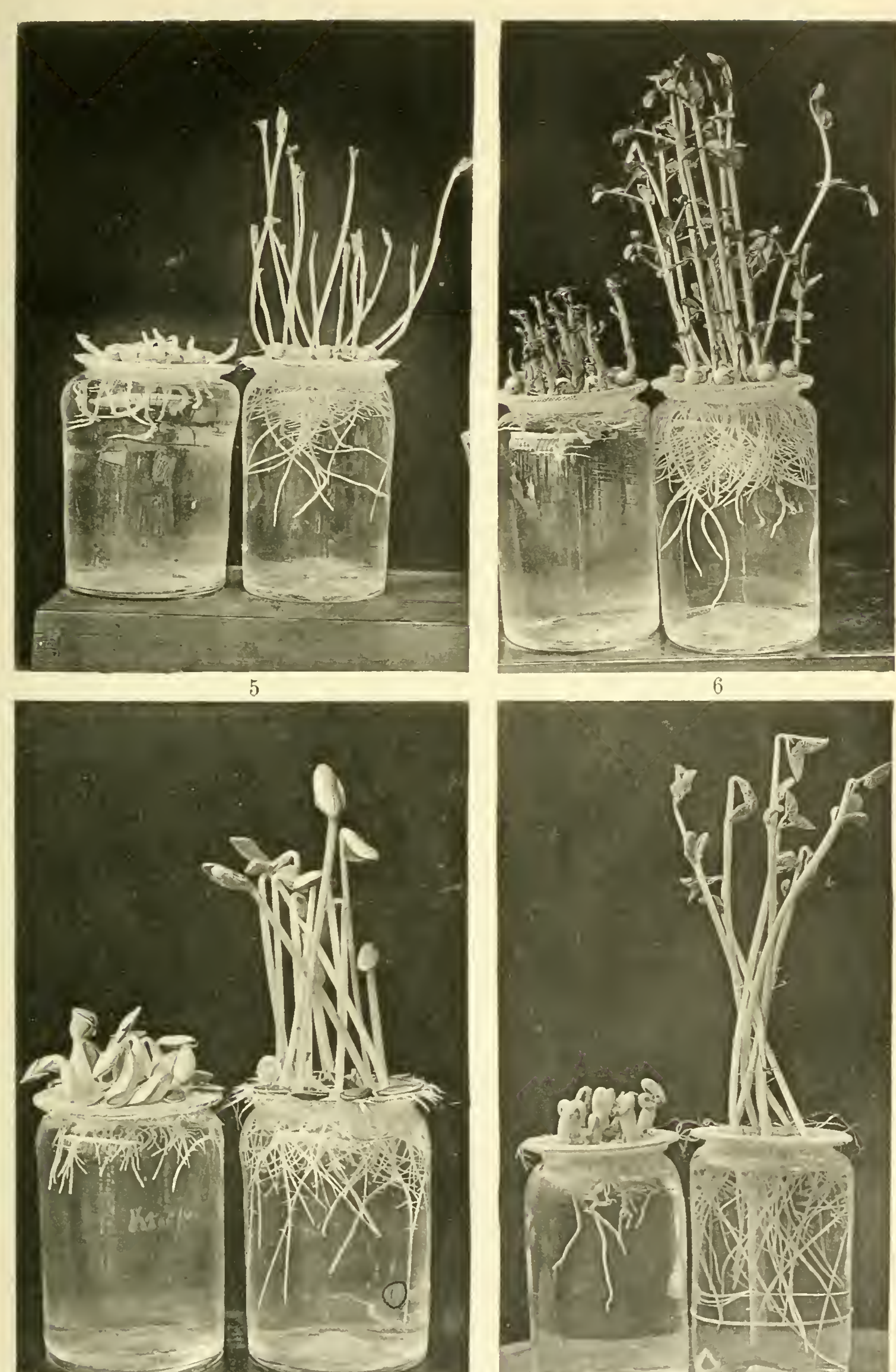
Fig. 8. Bohnenkeimlinge *(Phaseolus vulgaris)*. Versuchsbedingungen wie bei Fig. 1. Versuchsdauer 11 Tage. Rechts in reiner Luft, links in Rauchluft. Man betrachte die Längen- und Dickenunterschiede der Stengel und Längenunterschiede der Wurzeln.



1 2

3 4

Jenčič et Molisch fec. Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.



5 6

7 8

Jenčič et Molisch fec. Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.